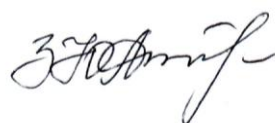


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
“НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ”**

ЗАБОЛОТНА Юлія Олександрівна

УДК 622.831



**ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ОПОРНОГО ТИСКУ
НАВКОЛО СИСТЕМИ “ЛАВА – МАГІСТРАЛЬНА ВИРОБКА”
ШАХТ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ**

Спеціальність 05.15.01 – “Маркшейдерія”

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпропетровськ – 2015

Дисертація є рукописом.

Робота виконана на кафедрі маркшейдерії Державного вищого навчального закладу “Національний гірничий університет” Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
ХАЛИМЕНДИК Юрій Михайлович,
професор кафедри маркшейдерії Державного вищого навчального закладу “Національний гірничий університет” Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
КУЛІБАБА Сергій Борисович,
завідувач відділу гірського тиску Українського державного науково-дослідного і проектно-конструкторського інституту гірничої геології, геомеханіки і маркшейдерської справи Національної академії наук України (м. Донецьк),

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
СЛАЦОВ Ігор Миколайович,
старший науковий співробітник відділу проблем розробки родовищ на великих глибинах Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (м. Дніпропетровськ).

Захист дисертації відбудеться “ 01 ” липня 2015 р. о 12 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.04 при Державному вищому навчальному закладі “Національний гірничий університет” Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу “Національний гірничий університет” Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

Автореферат розісланий “ 29 ” травня 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



О.В. Солодянкін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Ефективна робота вугільної шахти багато в чому залежить від повноти виймання запасів і стану виробок головного напрямку. Ці виробки повинні забезпечувати безпечне ведення гірничих робіт, функціонування транспортної мережі шахти, вентиляцію, водовідведення та ін.

Охорона магістральних гірничих виробок від впливу очисних робіт, у більшості випадків відповідно до положень нормативних документів, повинна здійснюватися шляхом залишення ціликів вугілля. Спосіб охорони виробок ціликами найбільш просто і технологічно легко здійснюється, але його застосування пов'язане зі значними втратами готових до виймання запасів вугілля, що різко зростають зі збільшенням глибини ведення гірничих робіт. Крім того, цілики вугілля, що залишені для охорони виробок, створюють у товщі порід небезпечні зони підвищених напружень.

На шахтах Західного Донбасу для охорони магістральних виробок від впливу очисних робіт застосовуються цілики, які зі збільшенням глибини розробки досягають двохсот метрів, що призводить до втрат готових до виймання запасів вугілля близько 3 млн. тонн за рік.

Родовище Західного Донбасу характеризується наявністю аргілітів і алевролітів, межа міцності на стиснення яких в середньому становить 20 МПа. Загальна довжина виробок, що закріплені арковим податливим кріпленням, становить 95 %, з яких до 15 % знаходяться в незадовільному стані. Обсяг виробок, що перекріплені, відносно обсягів виробок, що проводяться, сягає 20 %. Так, наприклад, на шахті “Західно-Донбаська” дренажні штреки використовуються тільки для відведення газоповітряної суміші та води без огляду стану кріплення виробок. У результаті інтенсивної конвергенції переріз вище вказаних виробок зменшився до 30 %. На шахті ім. Героїв космосу дренажні штреки були ліквідовані незабаром після їх проведення, і в даний час їх використання не планується. Отже, досвід роботи вугільних шахт свідчить, що при традиційному веденні гірничих робіт з охоронними ціликами біля магістральних виробок, не вирішеними залишаються питання підтримання цих виробок у зонах впливу очисних робіт. Таким чином, важливим завданням є зменшення втрат вугілля у ціликах і витрат на ремонт та підтримання магістральних виробок. Тому встановлення закономірностей формування опорного тиску навколо системи “лава – магістральна виробка” для планування гірничих робіт є актуальним науково-технічним завданням, вирішення якого дозволить підвищити ефективність роботи шахт Західного Донбасу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконані відповідно до програми науково-дослідних робіт Державного ВНЗ “Національний гірничий університет”, яка пов'язана з держбюджетною темою Ш-494 “Розробка методики маркшейдерського моніторингу стану виробок, що закріплені рамним та рамно-анкерним кріпленням” (№ держреєстрації 01104U004784) з госпдоговірними тематиками за договорами № 050128/10-11/4677-У “Моніторинг стану виробок в зонах ПГТ глибоких шах ПАТ “ДТЕК

Павлоградвугілля” і розробка рекомендацій з підтримання виробок в цих зонах”, № 050132 “Моніторинг стану виробок і розробка рекомендацій з підвищення стійкості виробок і збільшення безремонтного терміну їх підтримання в умовах ТДВ ш. “Білозерська”, № 050131-01/4-213 “Моніторинг стану виробок і розробка рекомендацій з підвищення стійкості виробок і збільшення безремонтного терміну їх підтримання в умовах шах ТОВ “ДТЕК Добропіллявугілля”.

Мета роботи полягає у встановленні закономірностей формування опорного тиску зі сторони розрізної печі діючої лави для забезпечення стійкості магістральних виробок і збільшення повноти виймання запасів.

Ідея роботи полягає у використанні закономірностей формування опорного тиску для виключення охоронних ціликів і розташування магістральних виробок у розвантажених зонах.

Для досягнення поставленої мети в дисертації були сформульовані та вирішені наступні **задачі досліджень**.

1. Аналіз і узагальнення існуючих уявлень про опорний тиск і способи охорони магістральних виробок.

2. Дослідження основних факторів, що впливають на розташування і стійкість магістральних виробок у зоні впливу очисних робіт.

3. Встановлення геометричних параметрів зони опорного тиску в умовах слабометаморфізованих порід Західного Донбасу.

4. Експериментальні дослідження зони дезінтеграції в крайовій частині вугільних пластів Західного Донбасу, що розробляються.

5. Встановлення закономірностей перерозподілу вертикальних напружень у породах підшви пласта, що відробляється, при відході очисного вибою від розрізної печі.

6. Обґрунтування рекомендацій з розташування магістральних виробок.

Об’єкт дослідження – геомеханічні процеси, що відбуваються у породному масиві навколо очисної гірничої виробки.

Предмет дослідження – параметри зони формування і перерозподілу опорного тиску в площині пласта, що розробляється, та товщі порід, що надробляються.

Методи досліджень. Для вирішення поставлених задач застосований комплексний підхід, який включає: наукове узагальнення і систематизацію досліджень формування зони опорного тиску та проявів гірського тиску у виробках; проведення інструментальних спостережень у шахтних умовах за процесом деформування гірничих виробок при веденні очисних робіт; методи математичної статистики; чисельне моделювання із застосуванням методу скінчених елементів.

Наукові положення, що захищаються в дисертації.

1. Крайова частина пласта характеризується наявністю зони дезінтеграції з техногенними тріщинами; ширина порушеної зони знаходиться в експоненціальній залежності від глибини розробки; зона дезінтеграції визначає ділянку локального розвантаження від опорного тиску та є небезпечною зоною, де прису-

тні обвалення порід покрівлі, що дозволяє планувати гірничі роботи в небезпечних зонах.

2. При відході лави від розрізної печі вертикальні напруження в породах підшви пласта характеризуються поступовим наростанням, яке описується прямолінійними огинаючими ізоліній концентрації вертикальних напружень, що дозволяє використовувати ці прямі для визначення розрахункової глибини ведення гірничих робіт при встановленні опору кріплення виробок, що надробляються.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Вперше встановлено, що величина вертикальної конвергенції магістральних виробок у зоні впливу очисних робіт зростає зі збільшенням розмірів охоронних ціликів; це свідчить про те, що збільшення ширини ціликів з глибиною не забезпечить заданого рівня експлуатаційної стійкості виробок.

2. Вперше встановлена залежність вертикальної конвергенції магістральних виробок у зоні впливу очисних робіт від глибини розташування цих виробок, що має вигляд експоненціальної функції.

3. Вперше проведеними шахтними спостереженнями підтверджено формування зони локального розвантаження поблизу очисної виробки, що представлена системами техногенних тріщин.

4. Вперше розроблена методика побудови прямолінійних огинаючих ізоліній концентрації вертикальних напружень у породах підшви пласта, що розробляється, яка характеризує опорний тиск на різних етапах посування очисного вибою.

5. Вперше за результатами чисельного моделювання в породах підшви пласта, що розробляється, встановлена залежність між кутом нахилу прямолінійних огинаючих ізоліній концентрації вертикальних напружень і коефіцієнтом концентрації вертикальних напружень.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей формування і прояву опорного тиску при відході лави від розрізної печі в умовах слабометаморфізованих порід.

Практичне значення роботи полягає у розробці рекомендацій з планування розташування магістральних виробок без охоронних ціликів з урахуванням зон розвантаження від опорного тиску, що дозволить зменшити втрати готових до виймання запасів вугілля і зберегти ці виробки у безремонтному стані.

Обґрунтованість і вірогідність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується множинними комплексними натурними вимірами і спостереженнями в гірничих виробках шахт Західного Донбасу, задовільним збігом результатів інструментальних спостережень і теоретичних досліджень (похибка не перевищує 10 %).

Реалізація результатів роботи. Розроблені рекомендації з використання безціликової відробки запасів біля магістральних (дренажних) виробок в умовах ВСП “ШУ Тернівське” ПАТ “ДТЕК Павлоградвугілля”; передбачене використання отриманих результатів при плануванні гірничих робіт в умовах ВСП “ШУ Тернівське” ПАТ “ДТЕК Павлоградвугілля” на 2015-2016 роки.

Особистий внесок автора полягає у формулюванні мети, задач досліджень, наукових положень і висновків, у розробці методики досліджень, у проведенні натурних інструментальних спостережень і чисельного моделювання, у розробці рекомендацій з впровадження безцілікової відробки запасів біля магістральних (дренажних) виробок в умовах шахт Західного Донбасу.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися і були схвалені на міжнародних науково-практичних конференціях: “Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej” (Польща, Краків, 2011), “Школа підземної розробки” (Дніпропетровськ, НГУ, 2011), “Форум гірників” (Дніпропетровськ, НГУ, 2013), “Геотехнічні проблеми розробки родовищ” (Дніпропетровськ, ІГТМ НАН України, 2013), на 12-му міжнародному симпозиумі “Освоєння родовищ мінеральних ресурсів і підземне будівництво у складних гідрогеологічних умовах” (Росія, Белгород, 2013), на міжнародному форумі-конкурсі молодих вчених “Проблеми надрокористування” (Росія, Санкт-Петербург, 2014).

Публікації. Основні наукові та практичні результати досліджень опубліковано в 17 наукових працях, з яких 8 робіт опубліковано в фахових виданнях (з них 2 – у зарубіжних виданнях, 1 – у виданнях з високим індексом цитування), 1 патент України на винахід, 6 – у збірниках конференцій та 2 – в інших виданнях.

Структура й обсяг. Дисертація складається зі вступу, п’яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел зі 104 найменувань на 12 сторінках; містить 110 сторінок машинописного тексту, 74 малюнка, 14 таблиць, 3 додатки на 8 сторінках; загальний обсяг роботи становить 169 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Україна має 15 теплових електростанцій, які виробляють біля 40 % необхідної кількості електроенергії. Найближчим часом у зв’язку з істотним зростанням цін і виснаженням запасів нафти і газу, потреба у вугіллі зростатиме. В Україні вугілля – єдина корисна копалина, запасів якого вистачить на найближчі десятиріччя для забезпечення потреб енергетичної, металургійної та хімічної галузей промисловості.

Розвідані запаси вугілля характеризуються наявністю у великому обсязі малопотужних, викидонебезпечних пластів. Збільшення глибини розробки сприяє посиленню проблеми безпечного і ефективного ведення гірничих робіт.

Одним зі способів підвищення ефективності видобутку є зниження об’ємів витрат вугілля в охоронних ціліках і зменшення витрат на ремонт та підтримання магістральних виробок. Вирішенню цього завдання і присвячена дисертаційна робота.

У першому розділі виконаний аналіз літературних джерел і нормативних документів для оцінки вивченості закономірностей формування та перерозподілу напружень у породному масиві в зонах впливу очисних робіт.

Видобуток вугілля підземним способом неминуче супроводжується наявністю крайової частини пласта та ціликів різного характеру. Це призводить до утворення опорного тиску в породному масиві. Опорний тиск виникає в результаті утворення пустот від стискаючих напружень у недоторканому масиві з шарами порід, що вигинаються. Опорний тиск має хвилеподібний характер і формує в породному масиві небезпечні зони за проявом гірського тиску. Збільшення глибини ведення гірничих робіт супроводжується зростанням геометричних розмірів зони опорного тиску.

Охорона магістральних виробок, в основному, здійснюється шляхом залишення ціликів вугілля, ширина яких залежить від геометричних параметрів зони прояву опорного тиску.

Питанню визначення параметрів опорного тиску присвячені роботи Петухова І.М., Борисова О.О., Шевякова Л.Д., Савостьянова О.В., Черняєва В.І., Назимка В.В., Зборщика М.П., Кулібаби С.Б., Власова С.Ф., Халимендика Ю.М., Сдвижкової О.О., Шашенка О.М. та ін., на основі яких розроблені нормативні вимоги до охорони магістральних виробок від впливу очисних робіт. Застосування нормативних способів охорони магістральних виробок не дозволило зберегти магістральні виробки при відході лав у паспортному стані, а рівень готових до виймання запасів вугілля сягає 15 % від рівня видобутку.

За результатами аналізу досліджень формування зони опорного тиску та проявів гірського тиску у виробках сформульовані задачі досліджень, вирішення яких дозволило досягти мети дисертації.

У другому розділі наведені результати досліджень стану магістральних виробок, що охороняються ціликами, при відході від них лав на 8 шахтах Західного Донбасу. Дослідження охопили понад 200 магістральних виробок, що проведені на глибинах від 100 до 600 м. Критерієм стану виробок прийнята вертикальна конвергенція як різниця між висотою виробки за паспортом і висотою виробки в період впливу очисних робіт.

Для врахування міцнісних властивостей порід покрівлі та підшви виробки були розділені на дві групи в залежності від наявності пісковика в покрівлі виробки: виробки, покрівля і підшва яких представлена аргілітами та алевролітами; виробки, в покрівлі яких є пісковик (пласти c_1, c_5, c_{10}^B).

Оцінений вплив глибини розташування виробок і ширини залишених ціликів на стан виробок.

Ширина охоронних ціликів, у випадку, коли покрівля і підшва виробок представлена аргілітами та алевролітами, змінюються від 35 до 100 м, а вертикальна конвергенція сягає 0,8 м. В умовах шахти “Західно-Донбаська”, де глибина ведення гірничих робіт сягає 600 м, ширина ціликів становить 125 м, при цьому конвергенція виробок у деяких випадках дорівнює 2,0 м. Коли в покрівлі виробок є пісковик, ширина охоронних ціликів змінюється від 50 до 200 м, конвергенція не перевищує 1,3 м.

Кореляційне поле для вертикальної конвергенції виробок (Δh) і ширини ціликів (l) для виробок, покрівля і підшва яких представлена аргілітами та алевролітами, наведене на рис. 1, а і характеризується експоненціальною функцією:

$$\Delta h = 0,20e^{0,012l} . \quad (1)$$

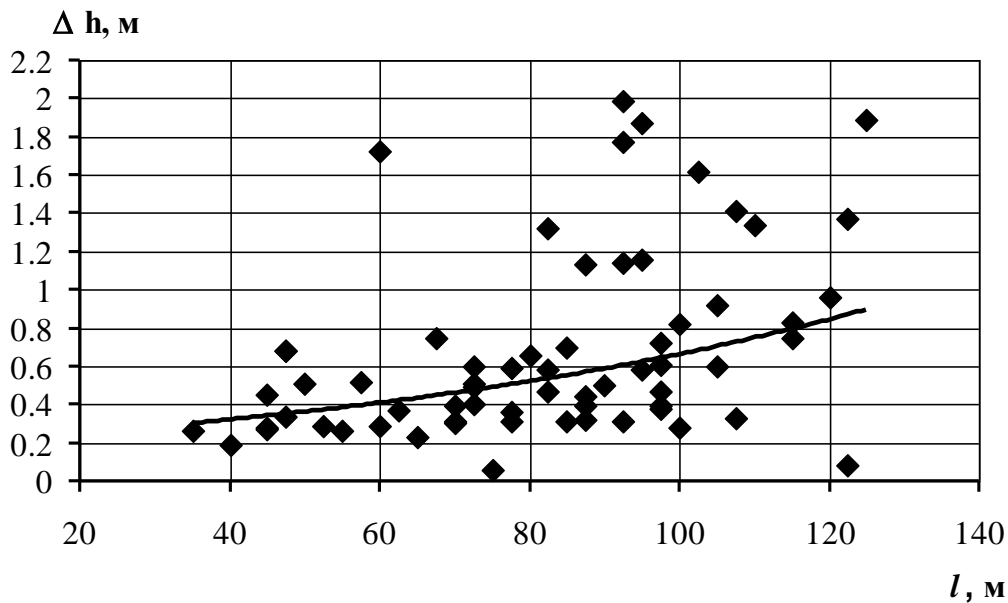
Побудована статистична модель показує, що кореляційний зв'язок між зазначеними величинами досить невисокий. Коефіцієнт кореляції не перевищує 0,39.

Кореляційна залежність між вертикальною конвергенцією виробок (Δh) і шириною ціликів (l) для виробок, в покрівлі яких є пісковик, практично відсутня (рис. 1, б):

$$\Delta h = 0,63e^{0,001l} . \quad (2)$$

Коефіцієнт кореляції становить 0,15.

а)



б)

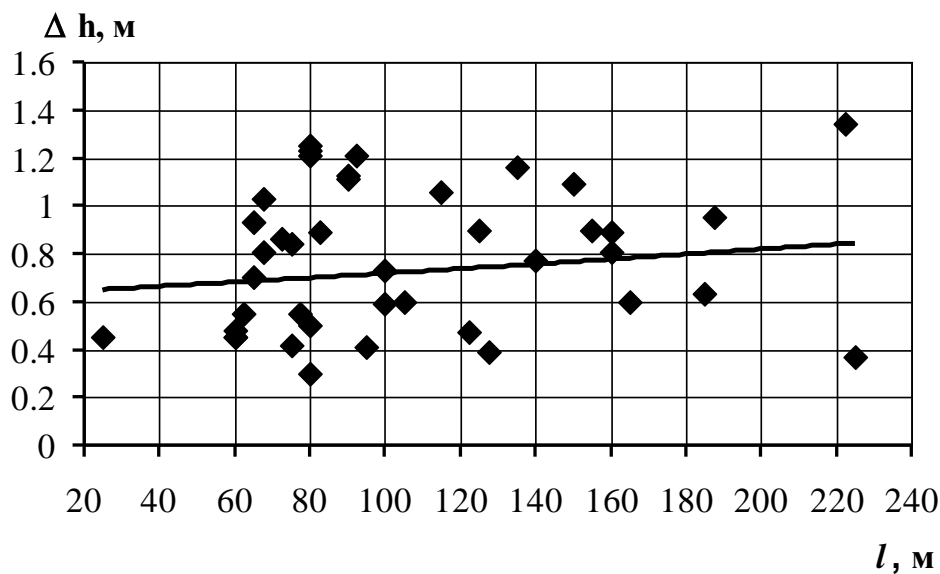


Рис. 1. Кореляційний зв'язок між вертикальною конвергенцією виробок (Δh) і шириною ціликів (l): а – для виробок, покрівля і підшва яких представлена аргілітами та алевролітами; б – для виробок, у покрівлі яких є пісковик

Характер отриманих залежностей (1) і (2) говорить про те, що вертикальна конвергенція виробок зростає зі збільшенням ширини охоронних ціликів. Таким чином, збільшення ширини ціликів не забезпечує заданого рівня експлуатаційної стійкості магістральних виробок.

Встановлені залежності між шириною охоронних ціликів і вертикальною конвергенцією магістральних виробок в умовах слабометаморфізованих порід Західного Донбасу не можливо пояснити традиційним уявленням, відповідно до якого зі збільшенням ширини ціликів повинна підвищуватися стійкість виробок.

Експоненціальна залежність між глибиною розташування магістральних виробок (H) і вертикальною конвергенцією виробок (Δh) для виробок, покрівля і підшошва яких представлена аргілітами та алевролітами, характеризується рівнянням (рис. 2, а):

$$\Delta h = 0,25e^{0,002H}. \quad (3)$$

Коефіцієнт кореляції між вказаними величинами дорівнює 0,66.

Залежність між глибиною розташування магістральних виробок (H) і вертикальною конвергенцією виробок (Δh) для виробок, в покрівлі яких є пісковик, описується рівнянням (рис. 2, б):

$$\Delta h = 0,47e^{0,002H}. \quad (4)$$

Коефіцієнт кореляції становить 0,43.

Отримані залежності вертикальної конвергенції магістральних виробок від ширини охоронних ціликів і глибини розташування виробок з урахуванням різної міцності порід вказують на складний характер формування та перерозподілу опорного тиску під впливом очисних робіт і потребує додаткових досліджень.

У третьому розділі виконаний аналіз проявів опорного тиску у виробках, що розташовані в підшосві відпрацьованих пластів глибоких шахт Західного Донбасу (шахти ім. Героїв космосу та "Західно-Донбаська"). Саме на цих шахтах виробки зазнають значного впливу опорного тиску внаслідок ведення очисних робіт. Всього було досліджено десять ділянок п'яти виробок, що зазнали впливу зон підвищеного гірського тиску (ПГТ) від крайових частин.

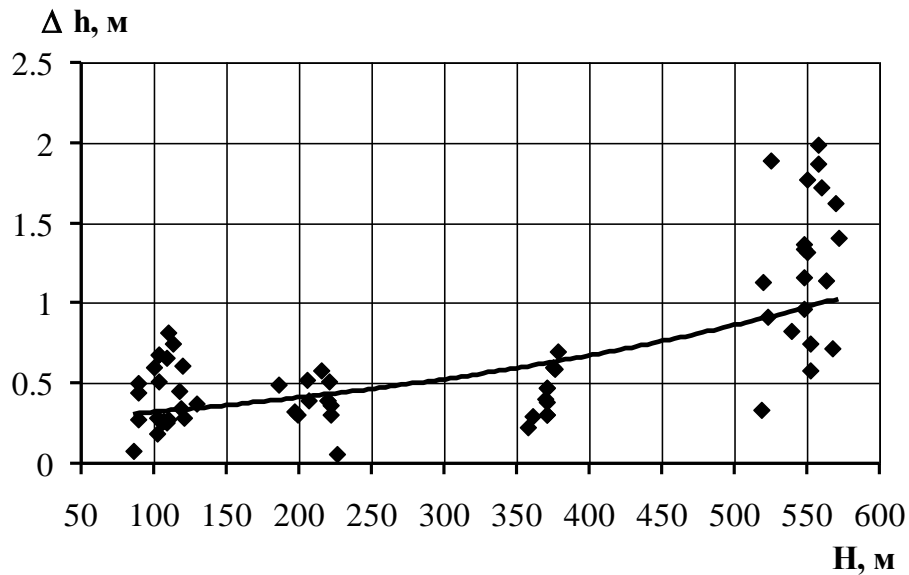
Шахтним моніторингом стану кріплення виробок і аналізом суміщених планів гірничих робіт встановлено, що фактичні границі зони деформування кріплення виробок не відповідають границям зон ПГТ, що побудовані за нормативними методиками, діючими для Західного Донбасу (рис. 3).

У зоні ПГТ є ділянки виробок, де не спостерігається інтенсивна деформація кріплення, а зона впливу очисних робіт переміщується в бік невідпрацьованого гірського масиву.

Для визначення границь зони непружних деформацій у площині пласта або зони дезінтеграції в крайовій частині пласта виконані дослідження порушень вугільного пласта і гірських порід при безціликовій схемі відробки запасів у вибоях очисних і підготовчих виробок. Ці дослідження були проведені на шах-

тах “Західно-Донбаська”, “Павлоградська”, “Тернівська”, “Степова” і включали: виявлення порушень гірських порід і вугілля, що мають техногенне походження, вимірювання техногенних зон і величин зміщення порід. Глибина ведення очисних робіт змінювалась від 100 до 460 м.

а)



б)

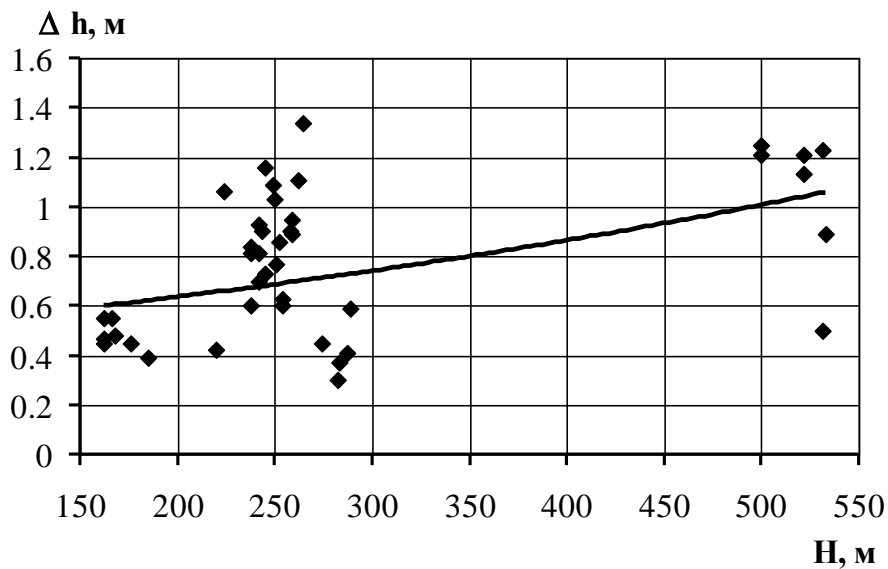


Рис. 2. Кореляційний зв'язок між вертикальною конвергенцією виробок (Δh) і глибиною розташування виробок (H): а – для виробок, покрівля і підшва яких представлена аргілітами та алевролітами; б – для виробок, у покрівлі яких є пісковик

Зйомка порушень у вибоях лав у приконтурному гірському масиві показала наявність ділянок з підвищеною техногенною тріщинуватістю, яка значно посилюється при наближенні до підготовчих виробок.

Ширина зони дезінтеграції порід (n) знаходиться в експоненціальній залежності від глибини ведення гірничих робіт (H) (рис. 4):

$$n = 3,75e^{0,004H} \quad (5)$$

Коефіцієнт кореляції становить 0,84.

Наявність техногенно порушених ділянок у зоні опорного тиску, паралельних підготовчим виробкам, свідчить про переміщення статичного опорного тиску в бік невідпрацьованого масиву. Таким чином, пояснюється розбіжність зон фактичного прояву опорного тиску з геометричними параметрами зон ПГТ, що визначені за нормативною методикою.

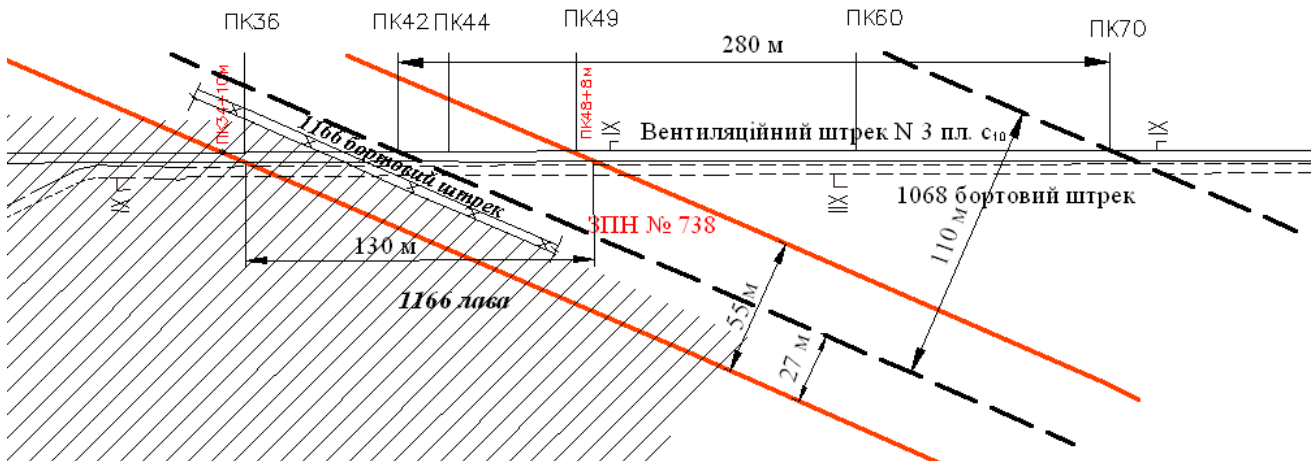


Рис. 3. Розташування фактичної зони деформування кріплення виробки та зони ПГТ, побудованої за нормативною методикою, в умовах шахти ім. Героїв космосу:

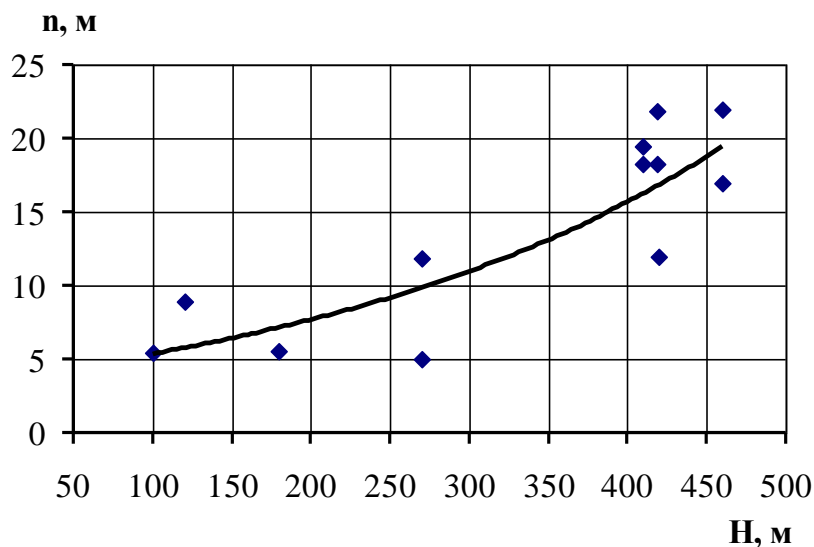
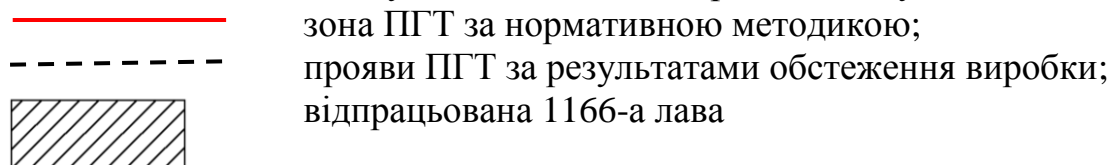


Рис. 4. Залежність ширини зони дезінтеграції в очисному вибої (n) від глибини ведення гірничих робіт (H)

У четвертому розділі виконана геомеханічна оцінка процесів масиву при відході лави від розрізної печі та зроблено аналіз різних варіантів безціликової відробки запасів біля магістральних виробок. Встановлення факту збільшення зони ПГТ внаслідок переміщення опорного тиску в напрямку невідпрацьованого масиву говорить про необхідність застосування безціликової відробки запасів біля магістральних виробок при відході лави від розрізної печі.

У практиці існує безліч різних технологічних варіантів планування гірничих робіт без залишення охоронних ціликів. Додатково запропоновано новий спосіб відробки запасів і охорони магістральних виробок при відході лави за рахунок розташування їх в зоні утворення склепіння порід покрівлі в початковий період роботи лави (рис. 5). Магістральні виробки піддаються короткочасному впливу опорного тиску, а в подальшому експлуатуються в розвантажених зонах.

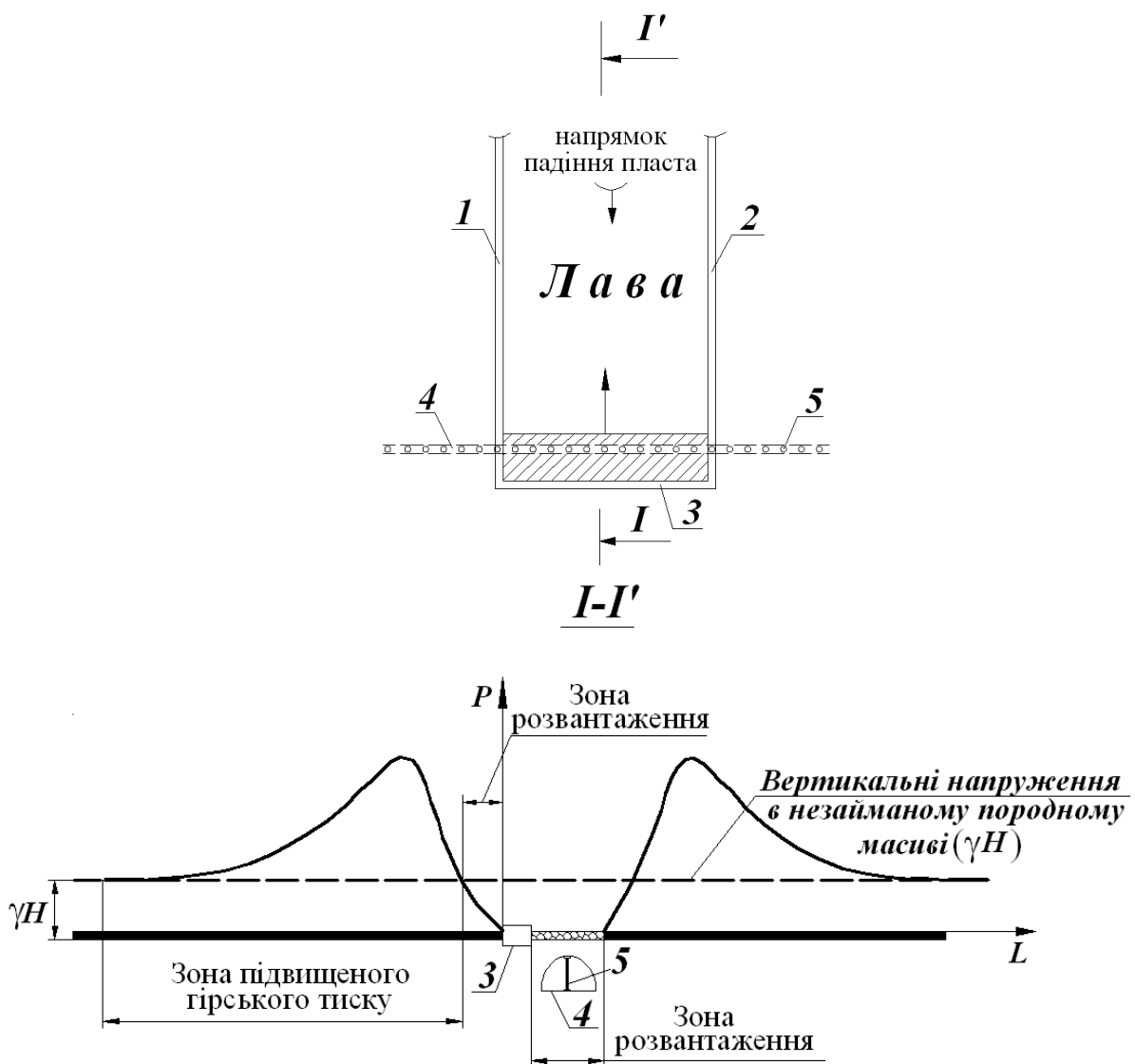


Рис. 6. Спосіб відробки запасів і охорони виробок:
 1, 2 – підготовчі виробки; 3 – розрізна піч; 4 – магістральна виробка;
 5 – підсилююче кріплення; P – вертикальні напруження породного масиву;
 L – відстань від розрізної печі

Для оцінки даного способу відробки запасів і охорони виробок та встановлення закономірностей формування опорного тиску в масиві, що надробляється, виконано чисельне моделювання. Моделювання напружено-деформованого стану гірського масиву, що надробляється, методом скінчених елементів вирішенням плоскої задачі виконано для умов розробки пласта c_8^H шахти “Західно-Донбаська”. Глибина ведення очисних робіт – 420 м; потужність пласта, що виймається, – 1,0 м.

Імітація виймання вугілля здійснена на відстань 100 м від розрізної печі. Всього розрахункова схема складалася з 10 кроків, на кожному кроці імітувалося посування очисного вибою лави на 10 м відпрацьованого простору, і визначалися вертикальні напруження.

Для встановлення закономірностей формування опорного тиску в породах підшви пласта, що розробляється, виконано:

– для кожного із 10 кроків, що імітували відробку пласта, розрахована концентрація вертикальних напружень, що становить 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % і 50 % відносно початкових напружень у масиві (γH). Концентрація вертикальних напружень визначена як відношення напружень, отриманих на кожному з 10 кроків, що імітували відробку пласта, до початкових напружень у масиві (γH);

– побудовані ізолінії концентрації вертикальних напружень, тобто ізолінії $\sigma_y = 1,1\gamma H$, $\sigma_y = 1,2\gamma H$ та ін. (рис. 6);

– в підшві пласта, що розробляється, виділені зони, де вертикальні напруження при відробці лави задовольняють нерівності $\sigma_y \leq K_\sigma \gamma H$, де K_σ – коефіцієнт, що визначає огинаючу ізоліній вертикальних напружень.

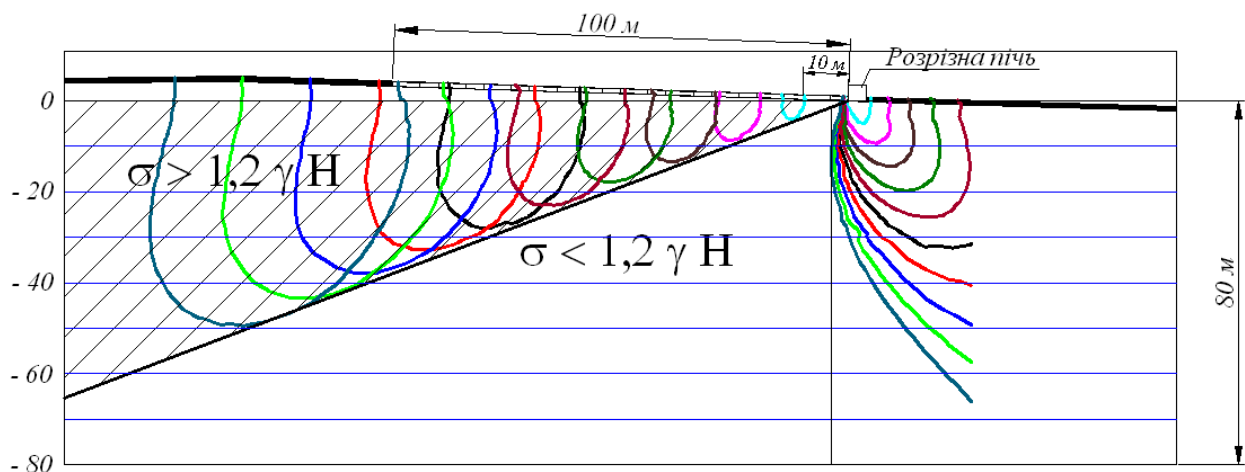


Рис. 6. Визначення зони в підшві пласта, де вертикальні напруження не перевищують $1,2\gamma H$

Кожна зона обмежується огинаючими ізоліній концентрації вертикальних напружень, що побудовані для різних положень очисного вибою. Огинаючі ізо-

ліній концентрації вертикальних напружень умовно представлені як прямі, що становлять кут φ_i з площиною пласта.

Аналогічно здійснено чисельне моделювання для глибин 300 м і 700 м, у подошві пластів, що розробляються, виділені зони, де вертикальні напруження при відробці лави задовольняють нерівності $\sigma_y \leq K_\sigma \mathcal{H}$. Кути нахилу прямих, що обмежують зони з різним коефіцієнтом концентрації вертикальних напружень, для глибин 300 м, 420 м і 700 м наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Значення кутів огинаючих ізоліній вертикальних напружень для глибин 300 м, 420 м і 700 м

Коефіцієнт концентрації вертикальних напружень (K_σ)	Кути нахилу огинаючих (φ_i), градус			Середній кут нахилу огинаючих (φ_i), градус
	Глибина розробки 300 м	Глибина розробки 420 м	Глибина розробки 700 м	
1,01	44	43	43	43
1,02	41	39	38	39
1,03	37	37	36	37
1,04	34	35	35	35
1,05	33	33	31	33
1,10	29	28	28	28
1,20	20	21	21	20
1,30	18	17	15	17
1,40	13	14	14	14
1,50	12	11	10	11

За результатами чисельного моделювання встановлена залежність між кутом нахилу огинаючих ізоліній концентрації вертикальних напружень (φ_i) і коефіцієнтом концентрації вертикальних напружень (K_σ) (рис. 7):

$$\varphi_i = 40,28 K_\sigma^{-3,269}. \quad (6)$$

Залежність (6) надає можливість у породах подошви пласта, що розробляється, виділити зони з різною концентрацією вертикальних напружень.

Отримані кути (φ_i) для глибин 300 м, 420 м і 700 м відрізняються незначно (табл.1), тому, використовуючи середні значення кутів, розроблений графік-номограма (рис. 8).

Графік-номограма дозволяє визначити збільшення вертикальних напружень на етапі проектування виробки і скоригувати параметри кріплення виробки для збереження її в експлуатаційному стані.

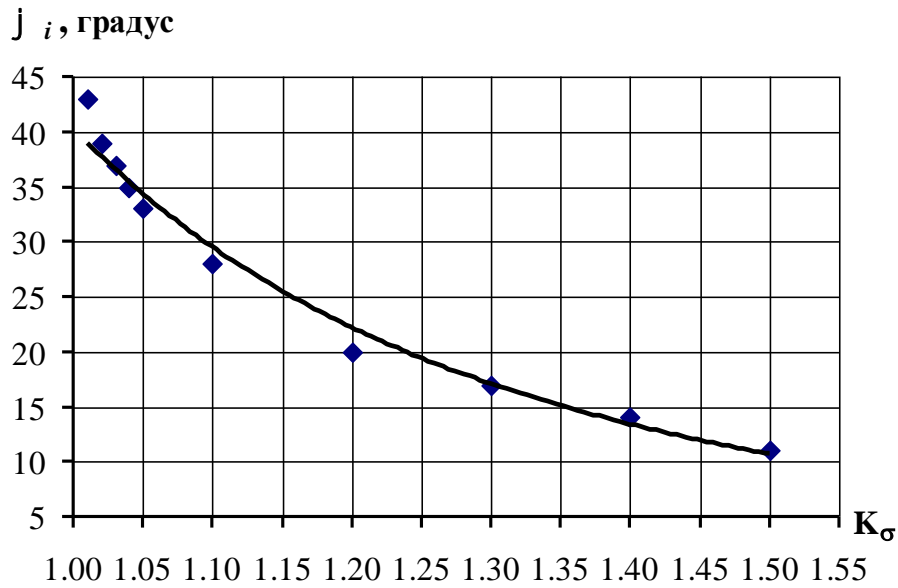


Рис. 7. Залежність між кутом нахилу огинаючих ізоліній вертикальних напружень (φ_i) і коефіцієнтом концентрації вертикальних напружень (K_σ)

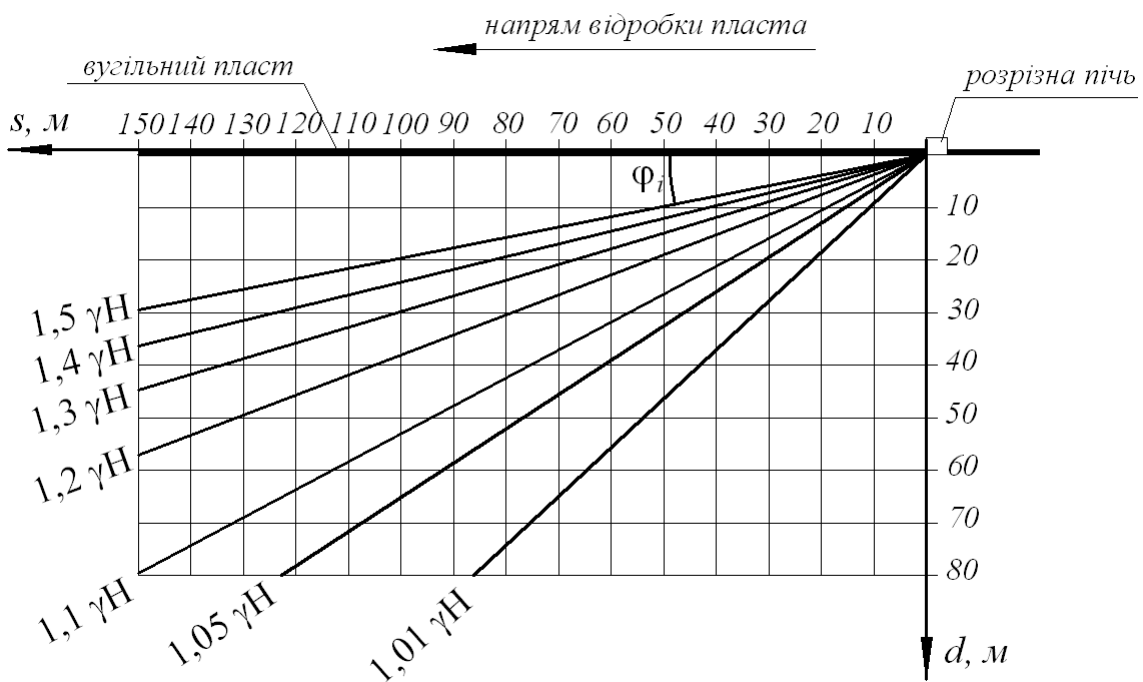


Рис. 8. Графік-номограма для визначення концентрації вертикальних напружень в підшві пласта на різних етапах посування очисного вибою:
 s – відстань від розрізної печі до виробки в напрямку відробки пласта;
 d – відстань від покрівлі пласта до підшви виробки

Інструментальні спостереження за деформуванням виробки при її надробці проводились при відпрацюванні запасів 830-ої лави в умовах шахти “Західно-Донбаська”. Спостережна станція була закладена в південному магістральному відкотному штреку № 3 та являла собою сукупність перерізів, де проводилися вимірювання ширини виробки і вимірювання до покрівлі та підшви виробки. Всього було виконано п’ять серій вимірювань. Проведені таким чином інстру-

ментальні спостереження надали можливість поступово прослідкувати за характером зміни опорного тиску при відході лави від розрізної печі (рис. 9).

Аналіз результатів спостережень за станом виробки вказує на формування трьох зон:

зона 1 – зона формування опорного тиску в бік, протилежний напрямку руху очисного вибою, що характеризується підвищеною деформацією гірського масиву і кріплення виробки, що надробляється. Максимальні деформації зафіксовані на відстані близько 20 м від розрізної печі;

зона 2 – зона стійкого стану виробки, що надробляється. Розмір цієї зони в даних умовах сягає 30 м;

зона 3 – зона з постійним збільшенням конвергенції виробки, тобто зона впливу динамічного опорного тиску.

Результати аналізу експериментальних досліджень вказують на присутність в масиві, що надробляється, зони з поступовим зростанням навантаження на кріплення виробки. Ця зона є сприятливою для розташування магістральних виробок, адже в ній ступінь підвищення опорного тиску незначний.

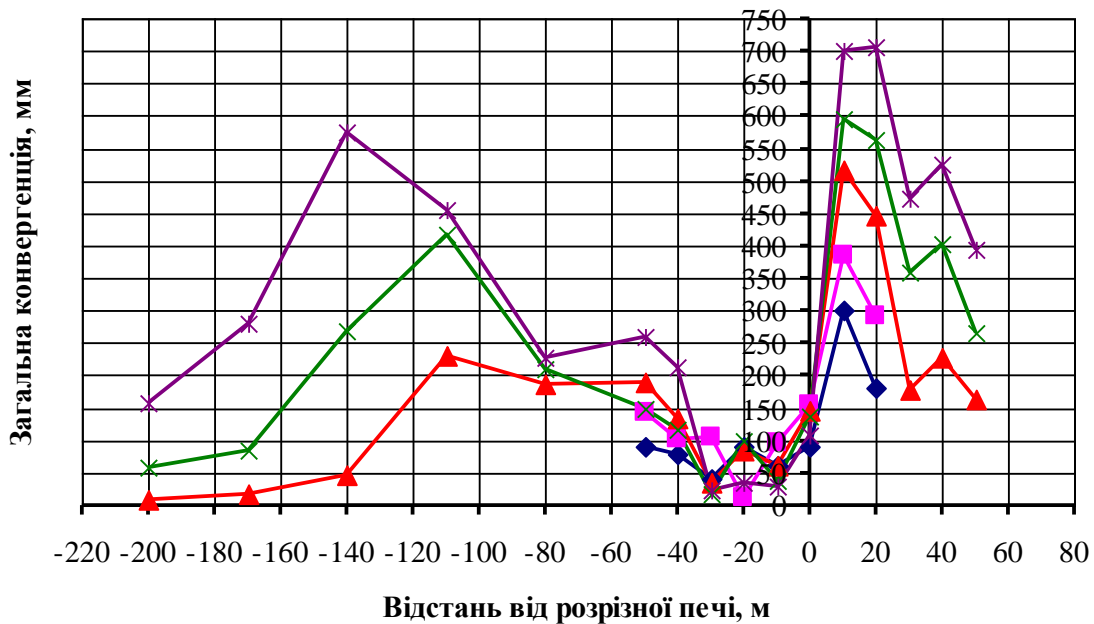


Рис. 9. Загальна вертикальна конвергенція виробки, що надробляється, при відході лави від розрізної печі

У п'ятому розділі наведені напрямки використання результатів досліджень.

Враховуючи, що зона статичного опорного тиску переміщується у бік невідпрацьованої частини масиву, ширину зони опорного тиску необхідно збільшувати на ширину зони техногенних порушень.

У зв'язку зі збільшенням ширини зони опорного тиску, що, в свою чергу, призводить до збільшення ширини охоронних ціликів, для зменшення втрат вугілля в ціликах необхідно застосовувати безціликову охорону магістральних виробок.

Вибір кріплення виробок, що надробляються, повинен відбуватися з урахуванням короточасного зростання напруженого стану породного масиву шляхом введення похибки до розрахункової глибини розташування виробок, що відповідає коефіцієнту концентрації вертикальних напружень.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій в умовах слабометаморфізованих порід на основі вперше встановлених закономірностей формування опорного тиску в початковому періоді ведення очисних робіт зі сторони розрізної печі та зони дезінтеграції породного масиву, що визначає локальну зону розвантаження, вирішене актуальне науково-практичне завдання підвищення стійкості магістральних виробок і збільшення повноти виймання запасів на вугільних підприємствах Західного Донбасу.

Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи полягають у наступному:

1. Виконаний аналіз стану магістральних виробок шахт Західного Донбасу, що охороняються ціликами, при відході від них лав. Спосіб охорони виробок ціликами є найбільш простим, але він пов'язаний зі значними втратами запасів вугілля, що збільшуються з глибиною розробки.

2. За результатами досліджень встановлено, що вплив ширини охоронних ціликів на стійкість магістральних виробок має випадковий характер, відсутній тісний кореляційний зв'язок між вертикальною конвергенцією виробок і шириною ціликів.

3. Доведено, що найбільший вплив на вертикальну конвергенцію виробок у зоні впливу очисних робіт має глибина їх розташування.

4. Дослідженнями проявів опорного тиску у виробках, що розташовані в підшві пласта, в умовах шахт ім. Героїв космосу та “Західно-Донбаська” виявлено переміщення зони опорного тиску від очисних робіт у бік невідпрацьованої частини пласта.

5. Дослідженнями породного масиву, що зазнає впливу опорного тиску в крайовій частині, на шахтах “Західно-Донбаська”, “Павлоградська”, “Тернівська”, “Степова” виявлено техногенно порушену зону. Ширина зони дезінтеграції гірських порід і вугільного пласта знаходиться в експоненціальній залежності від глибини ведення гірничих робіт. Зона дезінтеграції породного масиву визначає ділянку локальної зони розвантаження від підвищеного гірського тиску, але є небезпечною через обвалення порід покрівлі.

6. Для виключення охоронних ціликів розроблений спосіб відробки запасів і охорони гірничої виробки без ціликів. Цей спосіб передбачає відробку запасів без охоронних ціликів, але магістральні виробки необхідно розташовувати в зоні утворення склепіння порід покрівлі в початковий період роботи лави. Магістральні виробки зазнають короточасного впливу опорного тиску і в подальшому експлуатуються в зоні розвантаження.

7. Чисельним моделюванням та інструментальними вимірюваннями встановлено, що при відході лави від розрізної печі вертикальні напруження породного масиву в підшві пласта, що розробляється, характеризуються поступовим зростанням, яке описується прямолінійними огинаючими ізоліній концентрації вертикальних напружень. Зростання вертикальних напружень залежить від висоти надробки та відстані до розрізної печі.

8. Для вибору кріплення виробок, що надробляються, необхідно використовувати коефіцієнт концентрації вертикальних напружень в породному масиві при визначенні розрахункової глибини розташування виробок.

9. Очікуваний економічний ефект при застосуванні розробленого способу відробки запасів і охорони гірничої виробки без ціликів по одній лаві шахти “Західно-Донбаська” становить 6,4 млн. грн.

Основні положення та результати дисертації опубліковано в роботах:

1. Заболотная Ю.А. Состояние горного массива в зонах повышенного горного давления / Ю.М. Халимендик, Ю.А. Заболотная // Научный вестник НГУ. – 2011. – №3. – С. 49-53.

2. Заболотная Ю.А. Проявление опорного давления в условиях слабых боковых пород / Ю.М. Халимендик, Ю.А. Заболотная // Научный вестник НГУ. – 2013. – №1. – С. 33-39 (наукометричне видання, Scopus).

3. Zabolotnaya Yu. The results of instrumental observations on rock pressure in order to substantiate complete excavation of coal reserves / Yu. Khalymendyk, A. Bruy, Yu. Zabolotnaya // Mining of mineral deposits: annual scientific-technical collection. – Netherlands: CRC Press / Balkema, 2013. – P. 165-168.

4. Заболотная Ю.А. Формирование нарушенной зоны горного массива при ведении очистных работ в условиях слабых боковых пород / Ю.А. Заболотная // Геотехническая механика. – 2013. – Вып. 111. – С. 29-35.

5. Заболотная Ю.А. Способы расположения магистральных выработок с целью исключения влияния очистных работ в условиях слабых боковых пород / Ю.А. Заболотная // Проблеми гірського тиску. – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – № 1 (22) – 2 (23). – С. 68-79.

6. Заболотная Ю.А. Влияние размеров целиков на состояние выработок главного направления в Западном Донбассе / Ю.М. Халимендик, Ю.А. Заболотная // Наукові праці ДонНТУ. – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – Вип. 1 (18). – С. 227-233.

7. Заболотная Ю.А. Оценка опасной зоны в краевой части пласта в условиях слабых боковых пород [Электронный ресурс] / Ю.А. Заболотная, Ю.М. Халимендик // Научный вестник МГГУ. – 2014. – № 2 (47). – С. 32-36.

8. Заболотная Ю.А. Выбор параметров крепи надрабатываемых магистральных выработок / Ю.М. Халимендик, А.С. Кучин, Ю.А. Заболотная // Уголь Украины. – 2014. – №12. – С. 24-27.

9. Пат. № 102769 UA, МПК E21D 11/00 (2013.01). Спосіб відробки запасів і охорони гірничої виробки / Ю.М. Халимендик, Ю.О. Заболотна; заявник і пате-

нтовласник Державний вищий навчальний заклад “Національний гірничий університет”. – а 2012 03072; заявл. 16.03.2012; опубл. 12.08.2013, Бюл. № 15. – 3с.

10. Заболотная Ю.А. Образование обрушений кровли при отработке пластов Западного Донбасса / Ю.М. Халимендик, А.В. Бруй, Ю.А. Заболотная // *Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej* (21-25 lutego 2011, Kraków). – Kraków: Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi I Energią, 2011. – P. 47.

11. Заболотная Ю.А. Обоснование бесцеликовой выемки запасов у магистральных выработок в слабых боковых породах / Ю.А. Заболотная // *Проблемы недропользования: международный форум-конкурс молодых ученых* (23-24 апреля 2014 г., г. Санкт-Петербург). – СПб: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2014. – Часть I. – С. 106-109.

12. Заболотная Ю.А. Особенности проявления повышенного горного давления при ведении очистных работ в условиях слабых боковых пород Западного Донбасса / Ю.М. Халимендик, Ю.А. Заболотная // *Вопросы осушения, геологии и геоинформатики, геомеханики, специальных горных работ и горных технологий: материалы 12-го международного симпозиума “Освоение месторождений минеральных ресурсов и подземное строительство в сложных гидрогеологических условиях”* (20-24 мая 2013 г., г. Белгород) – Белгород, 2013. – С. 394-399.

13. Заболотная Ю.А. Особенности формирования зон повышенного горного давления в условиях Западного Донбасса / Ю.М. Халимендик, Ю.А. Заболотная // *Проблеми гірничої технології: матеріали регіональної науково-практичної конференції* (30 листопада 2012 р., м. Красноармійськ) / Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ. – Донецьк, 2012. – С. 55-61.

14. Заболотная Ю.А. Образование опасных зон при ведении очистных работ в слабых боковых породах / Ю.М. Халимендик, Ю.А. Заболотная // *Наукова весна – 2013: матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених* (29 березня 2013 р., м. Дніпропетровськ) – Дніпропетровськ: НГУ, 2013. – 1 опт. диск (CD-ROM); 12 см. – Систем. вимоги: Pentium 2; 32 Mb RAM; Windows 95-XP; MS Word 95-2007; Назва з титул. екрану. – С. 207-209.

15. Заболотная Ю.А. Бесцеликовая отработка запасов у дренажных выработок в условиях Западного Донбасса / Ю.М. Халимендик, Ю.А. Заболотная // *Форум гірників: матеріали міжнародної конференції* (2-5 жовтня 2013 р., м. Дніпропетровськ) – Дніпропетровськ: НГУ, 2013. – С. 47-51.

16. Заболотная Ю.А. Образование вывалов кровли при переходе лавой зоны ПГД / А.С. Барышников, Ю.А. Заболотная, Ю.М. Халимендик // *Маркшейдерське забезпечення геотехнологій: доповіді наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених* (19-20 травня 2011 р., м. Дніпропетровськ) – Дніпропетровськ: НГУ, 2011. – С. 19-26.

17. Заболотная Ю.А. К обоснованию полной выемки запасов при отработке пологих пластов глубоких шахт / Ю.М. Халимендик, А.В. Бруй, А.М. Винник, Ю.А. Заболотная // *Школа підземної розробки: матеріали V міжнародної науко-*

во-практичної конференції (2-8 жовтня 2011 р., м. Ялта) – Дніпропетровськ: НГУ, 2011. – С. 366-371.

Особистий внесок автора у роботи, що надруковані у співавторстві:

[1, 2, 12, 13] – проведення натурних спостережень, аналіз результатів; [3, 15, 17] – розробка методики та проведення інструментальних спостережень при надробці виробок; [6] – аналітичні дослідження; [7, 14] – аналіз результатів досліджень, встановлення залежності між шириною порушеної зони і глибиною розробки; [8] – розробка чисельних моделей, виконання розрахунків, аналіз результатів; [9] – обґрунтування можливості безціликової відробки запасів; [10, 16] – обробка та аналіз результатів натурних спостережень.

АНОТАЦІЯ

Заболотна Ю.О. “Закономірності формування опорного тиску навколо системи “лава – магістральна виробка” шахт Західного Донбасу”. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.01 – “Маркшейдерія” – Державний вищий навчальний заклад “Національний гірничий університет”, Дніпропетровськ, 2015.

У дисертації розглянуте і вирішене актуальне науково-технічне завдання визначення закономірностей формування опорного тиску навколо системи “лава – магістральна виробка”, що дозволяє забезпечити стійкість гірничих виробок, скоротити втрати запасів та, в цілому, підвищити ефективність роботи гірничих підприємств.

Комплекс наукових досліджень складався з натурних інструментальних вимірювань і чисельного моделювання геомеханічних процесів в підшві пласта, що розробляється, в початковий період роботи лави.

Натурні спостереження проводились за декількома напрямками: експериментальні дослідження зони дезінтеграції в крайовій частині вугільного пласта; моніторинг стану виробок в зонах підвищеного гірського тиску; інструментальні спостереження за деформуванням виробки при її надробці.

Методом чисельного моделювання визначені закономірності формування опорного тиску в породах підшви пласта, що розробляється, на різних етапах посування очисного вибою.

Очікуваний економічний ефект від впровадження наукових розробок складає 6,4 млн. грн.

Ключові слова: охоронні цілики, крайова частина пласта, конвергенція, зона розвантаження, опорний тиск, коефіцієнт концентрації вертикальних напружень.

АННОТАЦИЯ

Заболотная Ю.А. “Закономерности формирования опорного давления в окрестностях системы “лава – магистральная выработка” шахт Западного Донбасса”. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.01 – “Маркшейдерия”. Государственное высшее учебное заведение “Национальный горный университет”, Днепропетровск, 2015.

Диссертация посвящена установлению закономерностей формирования опорного давления в окрестностях системы “лава – магистральная выработка”, которые являются теоретической основой для применения бесцеликовой охраны магистральных выработок.

В результате анализа состояния магистральных выработок в зонах влияния очистных работ установлено, что охранные целики не обеспечивают заданного уровня эксплуатационной устойчивости выработок.

Влияние ширины охранных целиков на устойчивость выработок носит случайный характер, отсутствует тесная корреляционная связь между вертикальной конвергенцией выработок и шириной целиков.

Значительное влияние на вертикальную конвергенцию магистральных выработок оказывает глубина их расположения.

Комплекс научных исследований состоял из натурных инструментальных наблюдений и численного моделирования геомеханических процессов в почве разрабатываемого угольного пласта в начальный период работы лавы.

По результатам множественных натурных наблюдений установлено:

– фактические границы зоны деформирования крепи выработок не соответствуют границам зон повышенного горного давления, построенным по действующим для Западного Донбасса нормативным методикам;

– в зоне повышенного горного давления имеют место участки, где не наблюдается интенсивная деформация крепи выработок, а сама зона влияния очистных работ смещается в сторону неотработанного массива.

– в краевой части пласта обнаружена зона дезинтеграции, ширина которой экспоненциально зависит от глубины ведения горных работ;

– при надрботке выработки в начальный период движения лавы формируется зона устойчивого состояния выработки, где деформация незначительная.

Аналитические исследования были направлены на численное моделирование напряженно-деформированного состояния пород почвы пласта в начальный период работы лавы. Численное моделирование основано на применении метода конечных элементов для решения упругой задачи. Методом численного моделирования установлены закономерности формирования опорного давления в почве разрабатываемого пласта на различных этапах подвигания очистного забоя для глубины ведения горных работ 300 – 700 м.

По результатам выполненного моделирования в почве пласта выделены зоны с различной концентрацией вертикальных напряжений. Каждая построенная зона ограничивается огибающими изолиний концентрации вертикальных

напряжений. Огибающие условно представлены как прямые, составляющие определенный угол с плоскостью пласта. Для шахт Западного Донбасса разработан график-номограмма, который позволит на этапе проектирования выработок определить увеличение вертикальных напряжений в почве разрабатываемого пласта, скорректировать глубину их расположения для выбора крепи выработок в случае надработки и обеспечить их сохранность.

Разработан способ охраны магистральных выработок, в соответствии с которым выработки подвергаются кратковременному воздействию опорного давления с последующей эксплуатацией их в разгруженных зонах. Применение данного способа охраны магистральных выработок на шахтах Западного Донбасса повысит полноту выемки запасов и уменьшит затраты на поддержание выработок. Ожидаемый экономический эффект от внедрения данного способа по одной лаве составляет 6,4 млн. грн.

Ключевые слова: охранные целики, краевая часть пласта, конвергенция, зона разгрузки, опорное давление, коэффициент концентрации вертикальных напряжений.

ABSTRACT

Zabolotnaya Y.A. "Regularities of the bearing pressure formation in the vicinity of the system "Longwall – main haulage road" of Western Donbass mines" – Manuscript.

Thesis for scientific degree of candidate of technical sciences on specialty 05.15.01 – "Mine Surveying". State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnipropetrovsk, 2015.

Thesis is devoted to the establishment of the laws of the bearing pressure formation in the vicinity of the system "Longwall – main haulage road", which are the theoretical basis for the application of the pillarless protection of main mine workings.

The complex of a research field consisted of instrumental observations and numerical modeling of geomechanical processes in the soil of developed coal seam in the initial the period of lava work.

Field observations were carried out in several directions: experimental study of the disintegration zone in the marginal part of the seam; monitoring of mine workings in the area of high rock pressure; instrumental observations of the state of mine working at overworking.

Regularities of bearing pressure formation in the seam soil at various stages of the working face advance are developed by numerical modeling.

According to the results of numerical modeling and field observations a method of main mine workings protection from the extraction influence is provided.

The expected economic effect of the introduction of this method for one longwall is 6.4 mln UAH.

Key words: protective pillar, the marginal part of the seam, convergence, discharge zone, bearing pressure, the vertical stress concentration ratio.

ЗАБОЛОТНА Юлія Олександрівна

**ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ОПОРНОГО ТИСКУ
НАВКОЛО СИСТЕМИ “ЛАВА – МАГІСТРАЛЬНА ВИРОБКА”
ШАХТ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ**

(Автореферат)

**Підп. до друку 13.05.2015. Формат 60x90/16.
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9.
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 120 пр. Зам. № 324.**

**Державний вищий навчальний заклад
“Національний гірничий університет”
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.**